

基于BIM技术的水利管网工程三维可视化设计与施工优化研究

唐欢

中电建生态环境集团有限公司 广东 深圳 518133

摘要: BIM技术以其信息集成与三维可视化优势,为水利管网工程设计施工带来革新。研究通过地形地质建模、管网系统构建、碰撞检测等手段实现工程三维可视化设计,利用BIM模型进行施工进度管理、资源调配、安全与质量控制。实践表明,该技术可有效提升设计精准度,优化施工流程,降低工程风险,为水利管网工程全生命周期管理提供高效解决方案,助力行业智能化发展。

关键词: BIM技术;水利管网工程;三维可视化设计;施工优化

引言

随着水利工程建设规模与复杂性不断提升,传统二维设计与施工管理模式难以满足精细化需求。BIM技术作为建筑信息模型,通过集成工程全生命周期数据,实现三维可视化表达与协同管理,为水利管网工程提供了新的技术路径。本文针对水利管网工程特点,深入研究BIM技术在三维可视化设计与施工优化中的应用,旨在探索提升工程设计质量、施工效率与管理水平的有效方法,推动水利工程建设技术创新。

1 BIM技术与水利管网工程概述

1.1 BIM技术

BIM技术即建筑信息模型(Building Information Modeling),是一种基于数字化三维模型的综合性技术体系,通过整合建筑全生命周期内的几何、物理、功能及行为信息,实现工程项目的可视化设计、协同管理与优化决策。该技术突破传统二维图纸的表达局限,构建起包含空间关系、材料属性、设备参数等多维度信息的智能数据库,使建筑信息得以在设计、施工、运维各阶段无缝流转与交互。在实际应用中,BIM技术借助参数化建模功能,设计师可通过修改基础参数实时更新模型,显著提升设计效率;通过碰撞检测、施工模拟等工具,能够提前发现管线交叉、空间冲突等潜在问题,优化施工方案,降低返工成本。BIM技术支持多专业协同作业,不同专业人员可基于同一模型进行数据共享与交互,有效避免信息孤岛与沟通误差,实现设计、施工与运维阶段的深度融合,为工程项目的精细化管理与全生命周期价值提升提供技术支撑。

1.2 水利管网工程

水利管网工程作为水资源调配与管理的重要基础设

施,涵盖输水管道、排水管网、泵站、闸阀等复杂设施系统,承担着水资源输送、防洪排涝、生态补水等核心功能。其工程特点体现在管网线路长、节点多、埋深差异大,且常穿越地质条件复杂区域,涉及地形地貌、水文地质等多因素影响。管网系统内部水流运动复杂,需综合考虑压力分布、流量调节、水质保障等技术问题,确保水资源安全高效输送。水利管网工程与城市建设、农业灌溉、生态保护等领域紧密关联,对管网布局合理性、运行稳定性及环境适应性要求极高。工程实施过程中,面临管线空间规划、施工技术选择、后期运维管理等多重挑战,既要满足当前用水需求,又需兼顾未来发展扩容,且需应对气候变化、地质灾害等不确定性因素。水利管网工程需借助先进技术手段实现精准设计、高效施工与智能运维,保障水资源系统的可持续运行。

2 基于BIM技术的水利管网工程三维可视化设计

2.1 地形与地质建模

地形与地质建模是水利管网工程三维可视化设计的基础环节,其精准程度直接影响后续设计的可靠性与可行性。利用BIM技术,通过整合卫星遥感影像、无人机航测数据及地面测量信息,构建高精度的数字地形模型(DTM)。该模型不仅完整呈现地表高程、坡度、坡向等地形特征,还能以栅格数据形式量化地形起伏,为管网线路规划提供直观的地形约束条件。在地质建模方面,借助钻孔勘探数据、地质雷达探测成果及地球物理勘探资料,采用三维地质建模软件对地层结构进行数字化表达。通过插值算法构建连续的地质体模型,清晰展现岩土层分布、地质构造走向及地下水水位变化情况。不同岩性、地层的物理力学参数可赋予到对应的地质模型单元中,形成具有工程属性的地质信息库。地形与地

质模型的结合,能够直观反映水利管网工程与自然地理环境的空间关系,为管网埋深设计、穿越复杂地质区域的施工方案制定提供关键数据支撑,有效规避因地形地质条件认知不足导致的设计缺陷与施工风险^[1]。

2.2 管网系统建模

管网系统建模是水利管网工程BIM设计的核心内容,需全面涵盖各类水工构筑物与管道设施。以设计图纸为依据,结合工程实际参数,运用BIM软件建立精确的三维管网模型。对于输水管道,依据管径、壁厚、材质、坡度等参数,采用参数化建模方式实现管道的精准建模,确保模型与实际工程高度契合。针对泵站、水闸、检查井等附属设施,按照详细的设计图纸和构造要求,通过实体建模与部件组装的方式构建三维模型,精确表达其空间形态与内部结构。在建模过程中,注重管网系统各组成部分的空间逻辑关系与连接方式,确保水流方向、高程衔接等技术要求准确无误。为模型赋予丰富的工程信息,包括材料属性、规格型号、安装工艺、运行参数等,形成包含几何信息与非几何信息的全信息模型。该模型不仅是可视化的设计成果,更是贯穿工程全生命周期的信息载体,为后续的施工指导、运行维护、资产管理等提供统一的数据基础,实现水利管网工程从设计到运维的数字化管理。

2.3 碰撞检测与优化设计

基于BIM技术的碰撞检测是保障水利管网工程设计质量的关键手段。在完成地形地质模型与管网系统模型的整合后,利用BIM软件的碰撞检测功能,对管网系统内部各构件之间以及管网与周边环境之间进行全面的碰撞检查。通过布尔运算算法,自动识别管道与管道、管道与建筑物、管道与地质构造等部位存在的空间冲突与干涉问题。碰撞检测结果以可视化的方式呈现,不仅标注出碰撞的具体位置,还能量化碰撞的类型与程度。针对检测出的碰撞问题,设计人员可借助BIM模型的三维可视化优势,深入分析碰撞产生的原因,从空间布局、结构尺寸、施工工艺等多方面提出优化方案。例如,调整管道走向与高程,优化附属设施的布置方式,或改进局部结构设计。通过反复的碰撞检测与优化设计,消除设计图纸中难以发现的潜在冲突,避免施工阶段因设计错误导致的返工与延误,有效降低工程成本,提高施工效率与工程质量^[2]。

2.4 可视化分析与方案比选

可视化分析与方案比选是发挥BIM技术优势、提升水利管网工程设计决策科学性的重要环节。基于建立的三维BIM模型,通过渲染、动画、虚拟现实(VR)等技

术手段,将复杂的水利管网工程以直观、形象的方式呈现出来。设计人员与决策者可从不同视角、不同尺度对工程方案进行观察与分析,深入理解管网系统的空间布局、水流运动状态及与周边环境的协调性。在方案比选过程中,针对同一工程需求制定多个设计方案,分别建立对应的BIM模型。通过对比不同方案的三维模型,结合工程投资、施工难度、运行效果、环境影响等多方面指标进行综合评估。利用BIM模型的信息集成特性,快速提取各方案的工程量、材料用量、施工进度等数据,为方案比选提供量化依据。借助可视化分析功能,直观展示不同方案在实际运行中的效果差异,如水流分布、压力变化、排水能力等。通过多维度的可视化分析与科学的方案比选,为水利管网工程优选出技术可行、经济合理、环境友好的最佳设计方案,为工程建设的顺利实施奠定坚实基础。

3 基于BIM技术的水利管网工程施工优化

3.1 施工进度管理

(1) BIM技术通过构建包含时间维度的4D模型,将水利管网工程的空间信息与进度计划深度融合,以可视化方式呈现施工过程动态变化。在复杂管网系统中,可精确模拟管线铺设、附属设施安装等工序的先后顺序与逻辑关系,通过模型推演提前识别潜在的施工冲突与工期延误风险点,例如穿越河道段与周边建筑基础施工的时序矛盾,从而制定更合理的施工方案。(2) 利用BIM平台的进度监控功能,能够实时跟踪施工进度与计划进度的偏差情况。通过采集现场实际施工数据,与模型中的计划数据进行对比分析,生成直观的进度偏差报告,直观反映各施工区段的进度滞后或超前状态。施工管理人员可据此及时调整资源投入与施工安排,确保关键线路不受影响,保障整体工程进度可控。(3) BIM模型还支持施工进度的动态调整与优化。当遇到设计变更、地质条件变化等突发情况时,可快速修改模型中的相关参数,重新生成调整后的进度计划,并自动分析变更对后续施工的影响范围和程度。这种动态优化能力使施工进度管理更加灵活高效,有效降低因不确定因素导致的工期延误风险。

3.2 施工资源调配

(1) 基于BIM技术建立的三维模型,可准确统计水利管网工程所需的各类资源数量,包括管材、构配件、机械设备以及劳动力等。通过对模型进行工程量提取与分析,能够精确计算不同施工阶段的资源需求量,例如根据管网长度和管径确定管材用量,根据施工工艺确定机械设备类型与数量,为资源采购和调配提供科学依据。

(2) BIM平台能够实现资源需求与供应的动态匹配。通过整合施工进度计划与资源数据库,模拟资源在不同时间节点投入与消耗情况,直观展示资源的供需平衡状态。当出现资源短缺或过剩时,系统可自动预警,并提供替代方案或调整建议,如调整材料采购批次、优化机械设备调配路线,提高资源利用效率,降低成本。(3)在多工种交叉作业的利水管网施工现场,BIM技术可辅助进行劳动力资源的合理分配与调度。通过模拟施工过程中各工种的作业空间与时间需求,优化施工顺序与人员配置,避免因人员窝工或作业面冲突导致的效率低下问题。结合施工进度动态变化,及时调整劳动力投入,确保各施工环节有序推进,实现资源的精细化管理^[3]。

3.3 施工安全管理

(1) BIM技术能够对利水管网工程施工现场进行三维可视化建模,全面展示施工环境中的各类安全隐患。通过模拟高空作业、深基坑开挖、有限空间作业等危险场景,分析可能存在的安全风险,如高空坠物、坍塌、中毒窒息等,提前制定针对性的安全防护措施,并在模型中直观呈现防护设施的设置位置与方式,提高施工人员对安全风险的认知与防范意识。(2) 利用BIM模型的碰撞检测功能,可发现施工过程中因空间布局不合理导致的安全问题,如施工通道堵塞、设备操作空间不足等。通过优化施工场地布置与施工方案,确保施工现场的物流通道畅通,设备安装与操作具备足够的安全空间,减少因空间冲突引发的安全事故隐患。对临时设施搭建、材料堆放等进行模拟分析,保证其符合安全规范要求。

(3) BIM平台支持施工安全应急预案的制定与演练。通过对可能发生的安全事故场景进行模拟,制定详细的应急救援流程与方案,并在模型中规划应急逃生路线、救援设备存放位置等。组织施工人员进行虚拟应急演练,使其熟悉应急处置流程与逃生方法,提高应对突发安全事故的能力,最大限度降低事故造成的人员伤亡和财产损失。

3.4 施工质量控制

(1) BIM技术构建的三维模型包含了利水管网工程的详细设计信息,如管线规格、材质、连接方式等。施工

人员可通过模型直观了解设计意图与质量标准,避免因理解偏差导致的施工错误。在施工过程中,以BIM模型为参照,对每道工序进行质量检查与验收,将现场施工情况与模型进行对比,及时发现并纠正不符合设计要求的问题,确保施工质量符合标准。(2) 利用BIM平台的质量追溯功能,可对施工过程中的关键质量数据进行记录与管理。从原材料进场检验、施工过程中的质量检测到隐蔽工程验收等各个环节,将相关数据与BIM模型关联绑定,形成完整的质量追溯链条。当出现质量问题时,能够快速定位问题发生的部位与时间节点,追溯相关责任人与施工过程信息,便于分析原因并采取针对性的整改措施。(3) BIM技术还可应用于施工质量的模拟分析与优化。通过对管网系统的水力性能、结构受力等进行模拟计算,评估施工方案对工程质量的影响。例如,模拟管网运行过程中的水流状态,分析是否存在水流不畅、压力不均等问题;对管网结构进行受力分析,验证其稳定性与安全性。根据模拟结果优化施工方案与技术参数,从源头上保障利水管网工程的施工质量^[4]。

结语

综上所述,BIM技术在利水管网工程三维可视化设计与施工优化中展现出显著优势。通过构建精准的三维模型,实现设计阶段的碰撞检测与方案优化,提升施工进度管理、资源调配、安全与质量控制的科学性。然而,技术应用仍面临数据标准不统一、专业协同不足等挑战。未来需进一步完善BIM技术应用体系,加强跨专业协作,促进其在利水管网工程中的深度融合与推广应用。

参考文献

- [1]张振,徐志浩,陈海超,等.基于BIM技术的三维管线综合设计在小区室外管网中的应用[J].江苏建筑,2020(3):118-120.
- [2]石健.面向水利工程污水处理工艺与给排水管网优化设计研究[J].水利科学与寒区工程,2024,7(12):9-12.
- [3]文龙彪.基于BIM技术的城市地下管网设计与管理研究[J].城镇建设,2023(19):295-297.
- [4]张小艳.市政工程污水管网施工管控要点及优化策略分析[J].数码精品世界,2023(8):448-451.